

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-209588

(43)Date of publication of application : 29.07.2004

(51)Int.Cl.

B23H 5/08
H01L 21/304

(21)Application number : 2002-381144

(71)Applicant : EBARA CORP

(22)Date of filing : 27.12.2002

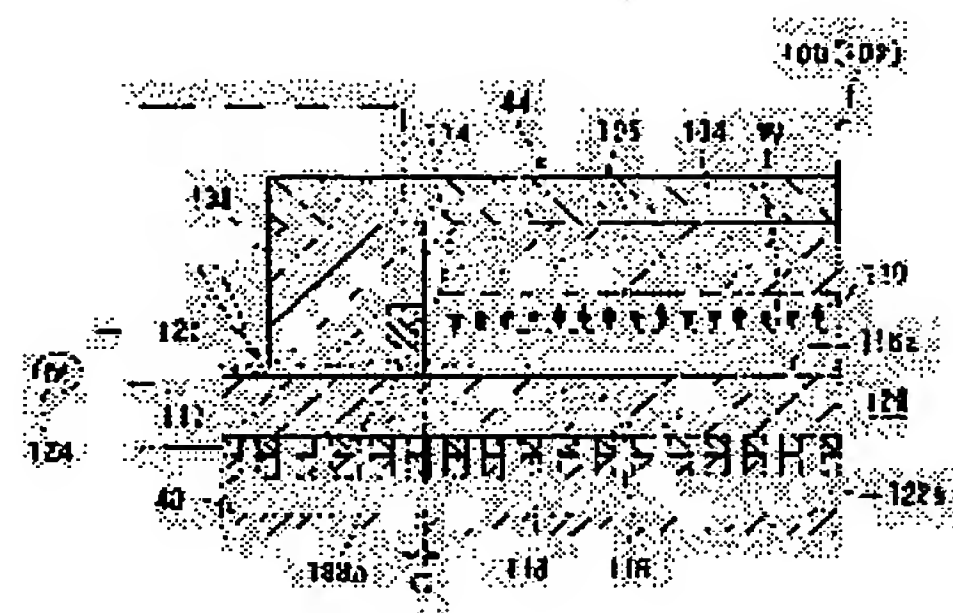
(72)Inventor : WADA TAKETAKA
TOKUSHIGE KATSUHIKO
TSUJIMURA MANABU

(54) POLISHING APPARATUS AND POLISHING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polishing apparatus which uniformly polishes a metallic film such as a copper film formed on a surface of a substrate at a high polishing rate, thereby minimizing the load of CMP treatment, and makes the distribution of an electric field uniform, thereby more uniformly polishing and removing the metallic film; and to provide a polishing method.

SOLUTION: The polishing apparatus has a polishing head 44 which holds the substrate W by enclosing a peripheral portion of the substrate W by a retainer ring 108; a plurality of feeding electrodes 114 which are arranged on the retainer ring 108 at locations along a circumferential direction of the substrate W in a manner being spaced away from the substrate W, for feeding power to the metallic film on the substrate W held by the polishing head 44 on a non-contact basis; a polishing table 46 which has a machining electrode 118 making sliding contact with or being arranged in proximity to the substrate W held by the polishing head 44; a machining fluid supply section 122 for supplying machining fluid 120 between the substrate W held by the polishing head 44 and the polishing table 46; and a power source 112 for impressing voltage between the feeding electrode 114 and the machining electrode 118, to thereby feed current via the machining fluid 120.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-209588

(P2004-209588A)

(43) 公開日 平成16年7月29日(2004.7.29)

(51) Int.Cl.⁷B23H 5/08
H01L 21/304

F1

B23H 5/08
H01L 21/304 621B

テーマコード(参考)

3C059

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2002-381144 (P2002-381144)
(22) 出願日 平成14年12月27日(2002.12.27)(71) 出願人 000000239
株式会社荏原製作所
東京都大田区羽田旭町11番1号
(74) 代理人 100091498
弁理士 渡邊 勇
(74) 代理人 100092406
弁理士 堀田 信太郎
(74) 代理人 100093942
弁理士 小杉 良二
(74) 代理人 100109896
弁理士 森 友宏
(72) 発明者 和田 雄高
東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会
社荏原製作所内

最終頁に続く

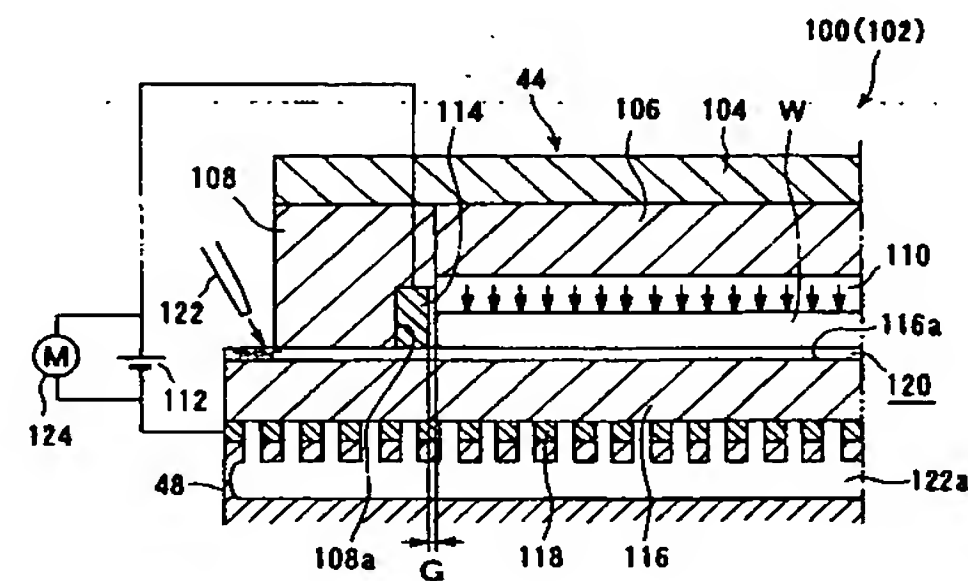
(54) 【発明の名称】 研磨装置及び研磨方法

(57) 【要約】

【課題】 基板表面に形成した銅膜等の金属膜を高い研磨レートで均一に研磨してCMP処理の負荷を極力低減でき、しかも電界の分布をより均一にしてより均一に金属膜を研磨除去できるようにする。

【解決手段】 リテーナリング108で基板Wの外周部を囲繞して基板Wを保持する研磨ヘッド44と、リテーナリング108の、基板Wの外周方向に沿った位置に、基板Wと離間して配置され、研磨ヘッド44で保持した基板Wの金属膜に非接触で給電する複数の給電電極114と、研磨ヘッド44で保持した基板Wに摺接または近接する加工電極118を有する研磨テーブル46と、研磨ヘッド44で保持した基板Wと研磨テーブル46との間に加工液120を供給する加工液供給部122と、給電電極114と加工電極118との間に電圧を印加して加工液120を通して電流を流す電源112を有する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板表面に形成した金属膜を研磨する研磨装置であって、
リテーナリングで基板の外周部を囲繞して基板を保持する研磨ヘッドと、
前記リテーナリングの、基板の外周方向に沿った位置に、基板と離間して配置され、前記
研磨ヘッドで保持した基板の金属膜に非接触で給電する複数の給電電極と、
前記研磨ヘッドで保持した基板に摺接または近接する加工電極を有する研磨テーブルと、
前記研磨ヘッドで保持した基板と前記研磨テーブルとの間に加工液を供給する加工液供給
部と、
前記給電電極と前記加工電極との間に電圧を印加して前記加工液を通して電流を流す電源 10
を有することを特徴とする研磨装置。

【請求項 2】

前記給電電極を、前記リテーナリングの内周面に開口させて設けた凹部内に配置したことを
特徴とする請求項 1 記載の研磨装置。

【請求項 3】

前記凹部の開口端部に、導電性材料、多孔質材料またはイオン交換体からなる蓋体を前記
給電電極に当接させて配置したことを特徴とする請求項 2 記載の研磨装置。

【請求項 4】

前記給電電極を、前記リテーナリングの前記研磨面との対向面に該研磨面に向けて開口さ
せて設けた凹部内に配置したことを特徴とする請求項 1 記載の研磨装置。 20

【請求項 5】

前記リテーナリングと前記研磨テーブルとの間に隙間を設けたことを特徴とする請求項 1
乃至 4 のいずれかに記載の研磨装置。

【請求項 6】

前記凹部内に、前記給電電極を上下動自在に配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の
いずれかに記載の研磨装置。

【請求項 7】

前記電源から供給される電圧または電流の少なくとも一方をモニタするモニタ部を有する
ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の研磨装置。

【請求項 8】

前記加工電極を複数の分割して配置したことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記
載の研磨装置。 30

【請求項 9】

通電を伴う研磨を行った後に、通電を伴わない化学機械的研磨による仕上げ研磨を行う C
MP 処理部を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載の研磨装置。

【請求項 10】

基板表面に被覆された第 1 の金属膜の残膜厚が 200 nm 以下になるまで通電を伴う研磨
を行い、該第 1 の金属膜が完全に除去され第 2 の金属膜が露出するまで通電を伴わない第
1 の化学機械的研磨を行い、該第 2 の金属膜が除去されるまで通電を伴わない第 2 の化学
機械的研磨を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の研磨装置を用いた 40
研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は研磨装置及び研磨方法に係り、特に半導体ウエハ等の基板の表面に形成した配線
用の微細凹みの内部に銅 (Cu) 等の導電体を埋込んで埋込み配線を形成する際、基板上
の不要な銅等の導電体 (金属膜) を除去 (研磨) するのに使用される研磨装置及び研磨方
法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体ウエハ等の基板上に回路を形成するための配線材料として、アルミニウムまたはアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅(Cu)を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、CVD、スパッタリングまたはめっきといった手法があるが、いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜して、化学機械的研磨(CMP)により不要の銅を除去するようにしている。

【0003】

図14(a)～(c)は、この種の銅配線基板Wの製造例を工程順に示すもので、先ず、図14(a)に示すように、半導体素子が形成された半導体基材201上の導電層201aの上にSiO₂からなる酸化膜やLow-k材膜などの絶縁膜202を堆積し、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール203と配線用の溝204を形成する。それらの上にTaN等からなるバリア膜205、更にその上に電解めっきの給電層としてシード層207を形成する。

10

【0004】

そして、図14(b)に示すように、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、半導体基材201のコンタクトホール203及び溝204内に銅を充填するとともに、絶縁膜202上に銅膜206を堆積する。その後、化学機械的研磨(CMP)により、絶縁膜202上の銅膜206及びバリア膜205を除去して、コンタクトホール203及び配線用の溝204に充填させた銅膜206の表面と絶縁膜202の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図14(c)に示すように銅膜206からなる配線が形成される。

20

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、図15に示すように、例えば、直径d₁が0.2μm程度の微細穴208と、直径d₂が100μm程度の大穴209とが混在する基板Wの表面に銅めっきを施して銅膜206を形成すると、めっき液や該めっき液に含有される添加剤の働きを最適化したとしても、微細穴208の上ではめっきの成長が促進されて銅膜206が盛り上がる傾向があり、一方、大穴209の内部ではボトムアップ性を高めためっきの成長を行うことができず、結果として、基板W上に堆積した銅膜206には、微細穴208上の盛り上がり高さaと、大穴209上の凹み深さbとをプラスした段差a+bが残る。このため、微細穴208及び大穴209の内部に銅を埋込んだ状態で、基板Wの表面を平坦化させるには、銅膜206の膜厚を十分に厚くし、しかもCMPで前記段差a+b分を余分に研磨する必要がある。

30

【0006】

ここで、CMPによる銅膜の研磨の原理は、銅膜の表面を、例えば、H₂O₂等の酸化剤で酸化させ、生成された銅酸化物をキレート剤で錯化して、銅膜の表面に銅錯体を形成させ、この銅錯体を、研磨液(スラリー、砥粒なしの場合もある)の存在の下で、例えば銅膜の表面を研磨パッドで擦付けることで機械的に除去して銅膜の表面を露出させる。そして、この露出した銅膜の表面を再び酸化し、この繰り返しで銅膜の研磨が進行する。

【0007】

しかし、めっき膜のCMP工程を考えた時、めっき膜厚を厚くして研磨量を多くすればする程、CMPの加工時間が延びてしまい、これをカバーするためにCMPの加工レートを上げれば、CMP加工時に大穴でのディッシングが生じるといった問題があった。

40

【0008】

つまり、これらを解決するには、めっき膜厚を極力薄くし、基板表面に微細穴と大穴が混在しても、めっき膜の盛り上がりや凹みを無くして、平坦性を上げる必要があるが、例えば硫酸銅浴で電解めっき処理を行った場合、めっき液や添加剤の作用だけで盛り上がりを減らすことと凹みを減らすことを両立することができないのが現状であった。また、成膜中におけるめっき電源を一時逆電圧としたり、PRパルス電源としたりすることで盛り上がりを少なくすることは可能であるが、凹部の解消にはならず、加えて表面の膜質を劣と

50

することになっていた。

【0009】

このため、電気分解によって銅膜等の金属膜の酸化反応を促進させて研磨を行うようにした、電解作用を用いた電解複合研磨が提案されている（例えば、特開平2001-322036号公報等参照）。この電解複合研磨は、例えば、図16に示すように、銅膜206の表面に対向して配置される研磨パッド210の内部等の研磨パッド210側に、電源212の陽極に接続したアノード電極214と、陰極に接続したカソード電極216とを配置し、この銅膜206と研磨パッド210との間に電解液（加工液）218を満たすことで、銅膜206の表面の酸化反応（ $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ (\text{Cu}_2\text{O})$ ）または $\text{Cu}^{2+} (\text{CuO})$ を促進させて研磨速度の向上を図るようにしている。そして、銅酸化物をキレート剤で錯化して銅膜206の表面に銅錯体220を形成させ、研磨液の存在の下で、研磨パッド210を銅膜206の表面に擦付けて銅錯体220を機械的に除去して銅膜206の表面を露出させ、この露出した銅膜206の表面を再び酸化させることの繰り返しで銅膜206の研磨が進行する。

10

【0010】

ここで、銅膜206の表面をアノード化させるため、アノード電極214として、銅よりイオン化傾向の低い、例えば、白金またはチタンを白金でコーティングしたものが使用されており、このアノード電極214を銅膜206に接触させたり、銅膜206の近傍に配置したりしている。アノード電極214を銅膜206の近傍に配置した場合には、電流は、主に「アノード電極214→銅膜206→カソード電極216」（各界面には電解液218が存在する）のように銅膜206を経由して流れるので、銅膜206の表面の酸化反応が進む。なお、アノード電極214を銅膜206の表面よりもカソード電極216寄りに配置すると、電流は、主に銅膜206を経由することなく、直接「アノード電極214→カソード電極216」（界面には電解液218が存在する）のように流れるので、銅膜206の酸化反応は進まない。

20

【0011】

ここで、例えば白金等で構成されるアノード電極は、一般に硬いので、これを銅膜等の金属膜の表面に直接接触させると、銅膜の表面が傷つく可能性が高い。このため、アノード電極を銅膜の表面に直接接触させることなく、つまり、非接触で銅膜等の金属膜のアノード化を図ることが望ましい。

30

【0012】

一方、電極（アノード電極及びカソード電極）を研磨パッド側に配置すると、研磨パッドが減耗すると電極が露出して、銅膜等の金属膜の表面と接触することが懸念される。また、研磨パッドの減耗に伴って、電極と銅膜表面との距離が変化する（次第に近づく）ので、電極と銅膜表面との間に存在する電解液による液間抵抗も変化し（安定しない）、電界の分布が不均一となって、膜厚の不均一に繋がってしまう。更に、研磨パッドは、一般に寿命の関係から頻繁に交換する必要がある（約基板1000枚処理ごとに交換）が、この研磨パッドに電極を設けると、研磨パッドへの電極交換作業にかなりの手間がかかり、作業工数の増大と装置稼働率の低下をもたらすと考えられる。

【0013】

本発明は上記事情に鑑みて為されたもので、基板表面に形成した銅膜等の金属膜を高い研磨レートで均一に研磨してCMP処理の負荷を極力低減でき、しかも電界の分布をより均一にしてより均一に金属膜を研磨除去できるようにした研磨装置及び研磨方法を提供することを目的とする。

40

【0014】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、基板表面に形成した金属膜を研磨する研磨装置であって、リテーナリングで基板の外周部を囲繞して基板を保持する研磨ヘッドと、前記リテーナリングの、基板の外周方向に沿った位置に、基板と離間して配置され、前記研磨ヘッドで保持した基板の金属膜に非接触で給電する複数の給電電極と、前記研磨ヘッドで保持した基板に

50

摺接または近接する加工電極を有する研磨テーブルと、前記研磨ヘッドで保持した基板と前記研磨テーブルとの間に加工液を供給する加工液供給部と、前記給電電極と前記加工電極との間に電圧を印加して前記加工液を通して電流を流す電源を有することを特徴とする研磨装置である。

【0015】

本発明の研磨（電解複合研磨）の原理を図1により説明する。図1は、基板に設けた金属膜として銅膜206の側方に、電源212の陽極に接続されるアノード電極（給電電極）214を、ギャップGを介して該銅膜206に非接触状態で配置し、銅膜206がアノードとなるようにするとともに、銅膜206に対向する研磨パッド210の背面側に、電源212の陰極に接続されるカソード電極（加工電極）216を配置し、更に、銅膜206とカソード電極216との間に電解液218を満たした状態を示している。なお、研磨パッド210は、多孔質材料等の通水性を有する親水性材料で構成されている。通水しにくい材料を用いる場合は、図示していないが、研磨パッド210の内部に、上下に連通する多数の連通孔を設けて、この内部を電解液218が流れるようにしておく。また、通液性材料または多孔性の材料にイオン交換基を結合させたものや、イオン交換不織布を用いることにより、導伝率を高めてもよい。これにより、電流は、主に「アノード電極214→銅膜206→カソード電極216」（各界面には電解液218が存在する）のように銅膜206を経由して流れるので、銅膜206の表面の酸化反応（ $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ (\text{Cu}_2\text{O})$ ）または $\text{Cu}^{2+} (\text{CuO})$ が促進される。そして、銅酸化物をキレート剤で錯化して銅膜206の表面に銅錯体220を形成させ、研磨液の存在の下で、銅膜206の表面に研磨パッド210を擦付けて銅錯体220を機械的に除去して銅膜206の表面を露出させ、この露出した銅膜206の表面を再び酸化させることの繰り返しで銅膜206の研磨が進行する。

10

20

【0016】

このように、アノード電極214を研磨ヘッド側に該研磨ヘッドで保持した基板の銅膜（金属膜）206に非接触で給電するように設けることで、電極間距離（アノード電極214、銅膜206の表面及びカソード電極216の位置関係）を一定に保つことができ、これにより、この間の抵抗値を安定させ、その結果、電流値、すなわち銅膜の酸化速度も安定させることができる。勿論、アノード電極214と銅膜206を接触させてもよい。

【0017】

請求項2に記載の発明は、前記給電電極を、前記リテーナリングの内周面に開口させて設けた凹部内に配置したことを特徴とする請求項1記載の研磨装置である。これにより、リテーナリングの内径を変更することなく、この内周面に給電電極を基板ホルダで保持した基板と接触しないように配置することができる。

30

【0018】

請求項3に記載の発明は、前記凹部の開口端部に、導電性材料、多孔質材料またはイオン交換体からなる蓋体を前記給電電極に当接させて配置したことを特徴とする請求項2記載の研磨装置である。これにより、リテーナリングの内周面を凹凸のない平坦面となすことができる。この場合、導電性材料、通液性を有する多孔質材料またはイオン交換体の内部に入り込んだ加工液（電解液）を介して、基板の表面に設けた金属膜（銅膜）への給電電極（アノード電極）からの給電が行われる。導電性材料と多孔質材料、イオン交換体材料は組み合わせたもので構成してもよい。例えば、ポーラス状の材質にイオン交換基を結合させたものでもよい。研磨テーブル上面もしくはリテーナリングの電極上面にイオン交換体を介在させた場合は、加工液としては純水等各種液体を用いてもよい。

40

【0019】

請求項4に記載の発明は、前記給電電極を、前記リテーナリングの前記研磨面との対向面に該研磨面に向けて開口させて設けた凹部内に配置したことを特徴とする請求項1記載の研磨装置である。この場合、研磨ヘッドと研磨テーブルとの間に位置する加工液を介して、基板の表面に設けた金属膜（銅膜）への給電電極（アノード電極）からの給電が行われる。

50

【0020】

請求項5に記載の発明は、前記リテーナリングと前記研磨テーブルとの間に隙間を設けたことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の研磨装置である。これにより、研磨作業によって、リテーナリングが摩耗することがないので、電極間距離（アノード電極214、銅膜206の表面及びカソード電極216の位置関係）を一定に保つことができ、これにより、この間の抵抗値を安定させ、その結果、電流値、即ち銅膜の酸化速度も安定させることができる。この場合、リテーナリングは、加工中は研磨面に接しないが、基板の側面を保持するために基板ホルダの基板保持面よりは下方に突出した構造となっている。

【0021】

請求項6に記載の発明は、前記凹部内に、前記給電電極を上下動自在に配置したことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の研磨装置である。これにより、リテーナリングが少しずつ摩耗しても、給電電極が摩耗したり研磨ヘッドに接触したりしないようにするとともに、特に、給電電極を前記リテーナリングの前記研磨面との対向面に設けた場合に、電極間距離（アノード電極、金属膜（銅膜）の表面及びカソード電極の位置関係）が常に一定となるようにすることができる。

【0022】

請求項7に記載の発明は、前記電源から供給される電圧または電流の少なくとも一方をモニタするモニタ部を有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の研磨装置である。基板表面に形成された金属膜が研磨されて、下地のバリア膜等が表面に露出すると、抵抗が急激に変化して、電圧を一定にした場合には電流が、電流を一定にした場合には電圧が大きく変化する。このため、この電流または電圧の少なくとも一方をモニタすることで、エンドポイントや加工の状況を検知して、研磨プロセスを管理することができる。

【0023】

請求項8に記載の発明は、前記加工電極を複数に分割して配置したことを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の研磨装置である。これにより、複数に分割して配置した各加工電極の抵抗値をコントロールして、各領域毎に電流値を制御することで、金属膜の酸化速度を調整し、基板面内における金属膜の除去速度を制御することができる。

【0024】

請求項9に記載の発明は、通電を伴う研磨を行った後に、通電を伴わない化学機械的研磨による仕上げ研磨を行うCMP処理部を更に有することを特徴とする請求項1乃至8のいずれかに記載の研磨装置である。これにより、通電を伴う研磨で荒れた銅等の表面を仕上げ研磨で鏡面にすることができる。

【0025】

請求項10に記載の発明は、基板表面に被覆された第1の金属膜の残膜厚が200nm以下になるまで通電を伴う研磨を行い、該第1の金属膜が完全に除去され第2の金属膜が露出するまで通電を伴わない第1の化学機械的研磨を行い、該第2の金属膜が除去されるまで通電を伴わない第2の化学機械的研磨を行うことを特徴とする請求項1乃至9のいずれかに記載の研磨装置を用いた研磨方法である。これにより、3段研磨により、ディッシングやエロージョンを抑えた鏡面仕上げを行うことが可能である。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図2は、本発明の実施の形態の研磨装置を備えた基板処理装置を示すもので、この基板処理装置は、多数の半導体ウェハ等の基板をストックする基板カセット1を載置する4つのロード／アンロードステージ2を備えている。ロード／アンロードステージ2は昇降可能な機構を有していてもよい。ロード／アンロードステージ2上の各基板カセット1に到達可能となるように、走行機構3の上に搬送ロボット4が配置されている。

【0027】

搬送ロボット4は、上下に2つのハンドを備えている。搬送ロボット4の2つのハンドのうち下側のハンドは、基板を真空吸着する吸着型ハンドであり、基板カセット1から基板を受け取るときのみ使用される。この吸着型ハンドは、基板カセット内の基板のずれに関係なく正確に基板を搬送することができる。一方、搬送ロボット4の上側のハンドは、基板の周縁部を保持する落とし込み型ハンドであり、基板カセット1に基板を戻すときのみ使用される。この落とし込み型ハンドは、吸着型ハンドのようにゴミを集めてこないため、基板の裏面のクリーン度を保ちながら基板を搬送することができる。このように洗浄した後のクリーンな基板を上側に配置することとして、それ以上基板を汚さないようにしている。

【0028】

搬送ロボット4の走行機構3を対称軸として基板カセット1とは反対側には、基板を洗浄する2台の洗浄機5、6が配置されている。各洗浄機5、6は、搬送ロボット4のハンドが到達可能な位置に配置されている。また、これらの洗浄機5、6は、基板を高速回転させて乾燥させるスピンドライ機能を有しており、これにより基板の2段洗浄及び3段洗浄の際にモジュール交換することなく対応することができる。

【0029】

2台の洗浄機5、6の間には、搬送ロボット4が到達可能な位置に、基板の載置台7、8、9、10を4つ備えた基板ステーション12が配置されている。洗浄機5と3つの載置台7、9、10に到達可能な位置には、2つのハンドを有する搬送ロボット14が配置されている。また、洗浄機6と3つの載置台8、9、10に到達可能な位置には、2つのハ

10

20

【0030】

載置台7は、搬送ロボット4と搬送ロボット14との間で基板を互いに受渡すために使用され、載置台8は、搬送ロボット4と搬送ロボット15との間で基板を搬送するために使用される。これらの載置台7、8には、基板の有無を検知する検知センサ16、17がそれぞれ設けられている。

【0031】

載置台9は、搬送ロボット15から搬送ロボット14へ基板を搬送するために使用され、載置台10は、搬送ロボット14から搬送ロボット15へ基板を搬送するために使用される。これらの載置台9、10には、基板の有無を検知する検知センサ18、19と、基板の乾燥を防止する又は基板を洗浄するためのリンスノズル20、21とがそれぞれ設けられている。

30

【0032】

これらの載置台9、10は、共通の防水カバーの中に配置されており、このカバーに設けられた搬送用の開口部にはシャッター22が設けられている。また、載置台9は載置台10の上方に位置しており、洗浄後の基板は載置台9に、洗浄前の基板は載置台10に載置される。このような構成とすることで、リンス水の落下による基板の汚染を防止している。なお、センサ16、17、18、19、リンスノズル20、21、及びシャッター22は模式的に示されており、これらの位置及び形状は正確に図示されていない。

【0033】

搬送ロボット14のハンドが到達可能な位置には、洗浄機5と隣接するように洗浄機24が配置されている。また、搬送ロボット15のハンドが到達可能な位置には、洗浄機6と隣接するように洗浄機25が配置されている。これらの洗浄機24、25は、基板の両面を洗浄することができる洗浄機である。

40

【0034】

搬送ロボット14及び搬送ロボット15の上側のハンドは、一度洗浄された基板を洗浄機又は基板ステーション12の載置台へ搬送するのに使用される。一方、下側のハンドは、一度も洗浄されていない基板及び研磨される前の基板を搬送するために使用される。下側のハンドを用いて後述する反転機への基板の出し入れを行うことにより、反転機上部の壁からのリンス水の滴により上側のハンドが汚染されることがない。

50

上記洗浄機 5, 6, 24, 25 の基板搬入口には、それぞれシャッター 5a, 6a, 24a, 25a が取付けられており、基板が搬入されるときのみ開口可能となっている。

【0035】

基板処理装置は、各機器を囲むようにハウジング 26 を備えており、ハウジング 26 の内部は、隔壁 28、隔壁 30、隔壁 32、隔壁 34、及び隔壁 36 により複数の領域（領域 A、領域 B を含む）に区画されている。

【0036】

基板カセット 1 と搬送ロボット 4 が配置されている領域 A と、洗浄機 5, 6 と載置台 7, 8, 9, 10 が配置されている領域 B との間には、領域 A と領域 B とのクリーン度を分けるために隔壁 28 が配置されている。この隔壁 28 には、領域 A と領域 B との間で基板を搬送するための開口部が設けられており、この開口部にはシャッター 38 が設けられている。上記洗浄機 5, 6, 24, 25、基板ステーション 12 の載置台 7, 8, 9, 10、及び搬送ロボット 14, 15 は、すべて領域 B の中に配置されており、領域 B の圧力は領域 A 内の気圧よりも低い気圧に調整されている。

10

【0037】

隔壁 34 によって領域 B とは区切られた領域 C の内部において搬送ロボット 14 のハンドが到達可能な位置には、基板を反転させる反転機 40 が配置されており、反転機 40 には搬送ロボット 14 によって基板が搬送される。また、領域 C の内部において搬送ロボット 15 のハンドが到達可能な位置には、基板を反転させる反転機 41 が配置されており、反転機 41 には搬送ロボット 15 によって基板が搬送される。反転機 40 及び反転機 41 は、基板をチャックするチャック機構と、基板の表面と裏面を反転させる反転機構と、基板を上記チャック機構によりチャックしているかどうかを確認する検知センサとを備えている。

20

【0038】

隔壁 34 によって領域 B と区分された研磨室が形成されており、この研磨室は更に隔壁 36 によって 2 つの領域 C 及び領域 D に区分されている。なお、領域 B と領域 C 及び D とを区切る隔壁 34 には、基板搬送用の開口部が設けられ、この開口部には、反転機 40 と反転機 41 のためのシャッター 42, 43 が設けられている。

【0039】

2 つの領域 C, D には、それぞれ 2 つの研磨テーブルと、1 枚の基板を保持し且つ基板を研磨テーブルに対して押し付けながら研磨するための 1 つの研磨ヘッドとを有する研磨装置 100, 102 が配置されている。即ち、領域 C には、研磨ヘッド 44 と、CMP（化学機械的研磨）を行う大径の研磨テーブル 46 と、電解複合研磨を行う小径の研磨テーブル 48 と、研磨テーブル 46 に研磨液を供給するための研磨液供給ノズル 50 と、窒素ガス供給源及び液体供給源に接続される複数の噴射ノズル（図示せず）を備えたアトマイザ 52 と、研磨テーブル 46 のドレッシングを行うためのドレッサ 54 と、研磨テーブル 48 のドレッシングを行うためのドレッサ 56 とを有する研磨装置 100 が配置されている。大径の研磨テーブル 46 の研磨面の直径は、基板の直径の 2 倍以上であり、小径の研磨テーブル 48 の研磨面の直径は、基板の直径より大きく且つこの直径の 2 倍よりは小さい。

30

40

【0040】

同様に、領域 D には、研磨ヘッド 45 と、CMP（化学機械的研磨）を行う大径の研磨テーブル 47 と、電解複合研磨を行う小径の研磨テーブル 49 と、研磨テーブル 47 に研磨液を供給するための研磨液供給ノズル 51 と、窒素ガス供給源及び液体供給源に接続される複数の噴射ノズル（図示せず）を備えたアトマイザ 53 と、研磨テーブル 47 のドレッシングを行うためのドレッサ 55 と、研磨テーブル 49 のドレッシングを行うためのドレッサ 57 とを有する研磨装置 102 が配置されている。

研磨液供給ノズル 50, 51 からは研磨に使用する研磨液やドレッシングに使用するドレッシング液（例えば、水）がそれぞれ研磨テーブル 46, 47 上に供給される。なお、電解複合研磨を行う研磨テーブルを大径とし、CMP を行う研磨テーブルを小径としてもよ

50

い。

【0041】

反転機40及び41と研磨ヘッド44及び45の下方に、洗浄室（領域B）とポリッシング室（領域C、D）の間で基板を搬送するロータリトランスポート60が配置されている。ロータリトランスポート60には、基板を載せるステージが4ヶ所等配に設けてあり、同時に複数の基板を搭載できるようになっている。

【0042】

反転機40及び41に搬送された基板は、ロータリトランスポート60のステージの中心が、反転機40又は41でチャックされた基板の中心と位相が合ったときに、ロータリトランスポート60の下方に設置されたリフタ62又は63が昇降することで、ロータリトランスポート60上に搬送される。ロータリトランスポート60のステージ上に載せられた基板は、ロータリトランスポート60の位置を90°変えることで、研磨ヘッド44又は45の下方へ搬送される。研磨ヘッド44又は45は、予めロータリトランスポート60の位置に揺動している。研磨ヘッド44又は45の中心が前記ロータリトランスポート60に搭載された基板の中心と位相が合ったときに、それらの下方に配置されたプッシャー64又は65が昇降することで、基板はロータリトランスポート60から研磨ヘッド44又は45へ移送される。

【0043】

図3乃至図5に一方の研磨装置100を示す。なお、他方の研磨装置102も、この研磨装置100と同様な構成を備えている。

図3に示すように、研磨ヘッド44は、回転可能な研磨ヘッド駆動軸70によって研磨ヘッド駆動部72から吊下されている。研磨ヘッド駆動部72は、位置決め可能な揺動軸74によって支持されており、研磨ヘッド44は、研磨テーブル46、48の双方にアクセス可能になっている。

【0044】

また、ドレッサ54は、回転可能なドレッサ駆動軸76によってドレッサ駆動部78から吊下されている。ドレッサ駆動部78は、位置決め可能な揺動軸80によって支持されており、これによりドレッサ54は、待機位置と研磨テーブル46上のドレッサ位置との間を移動可能になっている。同様に、ドレッサ56は、回転可能なドレッサ駆動軸82によってドレッサ駆動部84から吊下されている。ドレッサ駆動部84は、位置決め可能な揺動軸86によって支持されており、これによりドレッサ56は、待機位置と研磨テーブル48上のドレッサ位置との間を移動可能になっている。

【0045】

研磨ヘッド44は、図4及び図5に示すように、研磨ヘッド駆動軸70に、球面軸受機構及び回転伝達機構（図示せず）を介して連結された略円板状のハウジング104を有しており、このハウジング104の下方に、チャッキングプレート106が配置され、更に周縁部下面に、基板Wの外径とほぼ同じ内径を有するリテーナリング108が取り付けられている。チャッキングプレート106には、基板Wを吸着保持する吸着部（図示せず）が備えられ、また、この吸着部を介して吸着保持した基板Wを背面側から研磨テーブル48に向けて押圧する圧力室110が区画形成されている。リテーナリング108は、チャッキングプレート106の吸着部で吸着保持した基板Wの外周部を囲繞して、この飛び出しを防止するためのもので、この例では、チャッキングプレート106として、チャッキングプレート106の吸着部で吸着保持した基板Wの下面（表面）とリテーナリング108の下面が同一平面となるようにしたものを使用した例を示している。

【0046】

リテーナリング108の内周面から下面に亘る角部の円周方向に沿った所定の位置には、複数の凹部108aが設けられ、この各凹部108aの内部に、電源112の陽極に接続されるアノード電極（給電電極）114が配置されている。このアノード電極114は、下記のように、例えば銅膜206（図14参照）からなる金属膜をアノード化させるためのものであり、このように、銅膜をアノード化させるため、銅よりイオン化傾向の低いも

10

20

30

40

50

の、例えば、白金またはチタンを白金でコーティングしたもので構成されている。なお、銅またはチタンを銅でコーティングしたものであってもよい。

【0047】

ここで、前記凹部108aのリテーナリング108の直径方向に沿った深さは、アノード電極114のリテーナリング108の直径方向に沿った肉厚よりも大きく設定されている。これによって、凹部108a内にアノード電極114を装着した時、この電極114の内周面とチャッキングプレート106の吸着部で吸着保持した基板Wの外周面との間に僅かなギャップGが形成されて、非接触で、すなわち、下記のように、このギャップG内に浸入した電解液120を介してアノード電極114から基板Wの銅膜206に給電されて、この銅膜206がアノード化されるように構成されている。このギャップGの深さは、好ましくは、2mm程度以下である。このように、アノード電極114から基板Wの銅膜206に非接触で給電することにより、例えば白金等の一般に硬い材料で構成されているアノード電極114が基板Wの銅膜206に接触して、基板Wの銅膜206が損傷してしまうことを防止することができる。

10

【0048】

更に、この例では、リテーナリング108の下面と、該リテーナリング108の凹部108a内に装着したアノード電極114の下面が同一面をなして、研磨作業の際に、このアノード電極114の下面が、下記の研磨パッド116の研磨面116aに摺接するようにした例を示している。

【0049】

一方、研磨テーブル48の上面には、表面を研磨面116aとした研磨パッド116が貼着されており、この研磨テーブル48の研磨パッド116との貼着面に、電源112の陰極と接続される円板状のカソード電極（加工電極）118が装着されている。なお、研磨パッド116は、例えば多孔質材料等の通水性を有する親水性材料で構成されているが、通水性を有さない材料で構成した場合には、研磨パッド116の内部に、上下に連通する多数の連通孔を設けて、この内部を電解液120が流れるようにしておく必要がある。

20

【0050】

また、研磨テーブル48の研磨パッド116と研磨ヘッド44で保持した基板Wとの間に、電解質及び添加剤として、例えば銅をキレート化するキレート剤を含む電解液120を供給する電解液供給部122aを、研磨テーブル48の内部に設け、上方の研磨パッド116に向けて電解液120を供給する。また、研磨テーブル48が大径の場合は、電解液120は電解液供給ノズル122から供給する。供給された電解液120は、研磨パッド116と基板Wとの間の隙間を満たし、電極114の内周面と基板Wの外周面との間に僅かなギャップGを満たす。更に、研磨パッド116を、例えば多孔質材料等の通水性を有する材料で構成した場合には、この内部に電解液120が入込み、研磨パッド116の内部に貫通孔を設けた場合には、この貫通孔の内部に電解液120が流れ込んで、電解液120を介してアノード電極114とカソード電極118とが電氣的に導通する。

30

【0051】

更に、図示しないが、研磨テーブル48の内部に、上方の研磨パッド116に研磨液（砥粒を含むスラリー）を供給する研磨液供給部が設けられている。また、研磨テーブル48が大径の場合は、研磨テーブル48の上方に研磨パッド116に向けて研磨液を供給する研磨液供給ノズルが配置されている。スラリー流路と電解加工液の流路は兼ねてもよい。キレート剤等によって基板表面に生成された不動態をより効率的に除去するために、スラリーは電解液と同時に供給される。

40

【0052】

電源112から延びる配線には、この電源112から供給される電圧または電流の少なくとも一方をモニタするモニタ部124が接続されている。基板表面に形成された、例えば図14に示す銅膜206が研磨されて、下地のバリア膜205が露出すると、電気抵抗が急激に変化して、電圧を一定にした場合には電流が、電流を一定にした場合には電圧が大きく変化する。つまり、同じ電圧（電流）を印加した状態で基板表面に形成した金属膜の

50

電解複合研磨を行うと、材料によって流れる電流（印加される電圧）に違いが生じる。例えば、図6（a）に示すように、表面に材料（例えば銅膜）Aと材料（例えばバリア膜）Bとを成膜した基板Wの該表面に電解複合研磨を施した時に流れる電流をモニタすると、材料Aを電解複合研磨している間は一定の電流が流れるが、異なる材料Bの加工に移行する時点で流れる電流が変化する。同様に、印加される電圧にあっても、図6（b）に示すように、材料Aを電解複合研磨している間は一定の電圧が印加されるが、異なる材料Bの加工に移行する時点で印加される電圧が変化する。なお、図6（a）は、材料Bを電解複合研磨する時の方が、材料Aを電解複合研磨する時よりも電流が流れにくくなる場合を、図6（b）は、材料Bを電解複合研磨する時の方が、材料Aを電解複合研磨するときよりも電圧が高くなる場合の例を示している。これにより、この電流または電圧の変化をモニタすることでエンドポイントを確実に検知することができる。

10

【0053】

なお、この例では、モニタ部124で電源112から供給される電圧または電流の少なくとも一方をモニタして加工終点を検知するようにした例を示しているが、このモニタ部124で、研磨中における金属膜や基板の状態の変化をモニタして、任意に設定した加工終点を検知するようにしてもよい。この場合、加工終点は、被加工面の指定した部位について、所望の加工量に達した時点、若しくは加工量と相関関係を有するパラメータについて、所望の加工量に相当する量に達した時点を指す。このように、加工の途中においても、加工終点を任意に設定して検知できるようにすることで、多段プロセスでの電解加工が可能となる。

20

【0054】

次に、この研磨装置100を用いて、図14（a）に示す、基板Wの表面に形成した銅膜（金属膜）206を研磨して平坦化するようにした例を説明する。

先ず、表面に銅膜206を形成した基板Wを、該表面を下向きにして研磨ヘッド44で吸着保持し、この研磨ヘッド44で保持した基板Wを、電解複合研磨用の研磨テーブル48の直上方に位置させる。この状態で、研磨ヘッド44と研磨テーブル48とを共に回転させつつ、研磨ヘッド44で吸着保持した基板Wの表面（下面）を研磨テーブル48の研磨パッド116の研磨面116aに押し付ける。同時に、研磨テーブル48の内部または電解液供給ノズル122から研磨ヘッド44と研磨テーブル48との間に電解液120を供給しつつ、電源112の陽極をアノード電極（給電電極）114に、陰極をカソード電極（加工電極）118にそれぞれ接続する。更に、図示しない研磨液供給ノズルから、研磨ヘッド44と研磨テーブル48との間に研磨液を供給し、これによって、銅膜206の電解作用を用いた電解複合研磨を行う。

30

【0055】

つまり、電流は、主に「アノード電極114→銅膜206→カソード電極118」（界面には電解液120が存在する）のように銅膜206を経由して流れるので、銅膜206の表面の酸化反応（ $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ (\text{Cu}_2\text{O})$ ）または $\text{Cu}^{2+} (\text{CuO})$ が促進される。そして、この銅酸化物をキレート剤で錯化して銅膜206の表面に銅錯体を形成させ、この銅錯体を、研磨液の存在下で、研磨パッド116を銅膜206に擦付けて機械的に除去して銅膜206の表面を露出させ、この露出した銅膜206の表面を再び酸化させることの繰り返しで銅膜206を研磨する。

40

【0056】

この時、この例にあっては、リテーナリング108の下面と研磨ヘッド44で吸着保持した基板Wの表面（下面）が同一平面となり、更にアノード電極114の下面も同一平面となるようになっており、このため、銅膜206の研磨に伴って、リテーナリング108の下面及びアノード電極114の下面も研磨されるが、この研磨速度は、研磨パッド116の研磨速度に比べて極めて遅く、交換の作業工数や装置稼働率への影響も少ない。しかも、アノード電極114を研磨ヘッド44側に該研磨ヘッド44で保持した基板Wの銅膜206に非接触で給電するように設けることで、電極間距離（アノード電極114、銅膜206の表面及びカソード電極118の位置関係）を一定に保つことができ、これにより、

50

この間の電気抵抗値を安定させ、その結果、電流値、すなわち銅膜の酸化速度も安定させることができる。

【0057】

そして、バリア膜205の上の銅膜206が所定量除去されたことを、前述のように、電源112から供給される電圧または電流の少なくとも一方をモニタ部124でモニタし、この値が急激に変化した時点をエンドポイントとして検知し、この時点（エンドポイント）で、アノード電極114及びカソード電極118を電源112から切離し、かつ電解液120の供給を停止して電解複合研磨を終了する。この時、除去すべき銅膜206の残膜厚は、200nm以下が望ましい。そして、研磨ヘッド44及び研磨テーブル48の回転を停止し、研磨ヘッド44を上昇させる。

10

【0058】

ここで、電解複合研磨後の研磨面は、一般のCMP後の研磨面に比べて、多少荒れている。このため、電解複合研磨後に、通常のCMPにより仕上げ研磨を行うことが望ましい。

【0059】

そこで、この例では、研磨ヘッド44で吸着保持した基板WをCMP用の研磨テーブル46の直上方に位置させ、この研磨ヘッド44及び研磨テーブル46を共に回転させつつ、研磨ヘッド44で吸着保持した基板を研磨テーブル46の研磨面に押付け、同時に研磨面に研磨液供給ノズル50から研磨液を供給する通常のCMP処理を行い、これによって、バリア膜205上に残った銅膜206を完全に除去する。そして、引き続いて、研磨液供給ノズル50から供給する研磨液を交換して、前述の同様な、通常のCMP処理を行い、これによって、図14(c)に示すように、絶縁膜202上のバリア膜205を除去して絶縁膜202の表面を露出させ、この絶縁膜202の表面とコンタクトホール203及び配線用の溝204に充填した銅膜206の表面を平坦化させ、更に、基板Wの表面を純水等で洗浄して研磨処理を終了する。

20

【0060】

上述した場合において、大径の研磨テーブル46に装着する研磨工具は、研磨パッドに限られず、固定砥粒であってもよい。大径の研磨テーブル46に固定砥粒を設けた場合には、小径の研磨テーブル48で基板の平坦化を行った後、大径の研磨テーブル46で砥粒を含まない純水又は薬液を供給しながら仕上げ研磨を行うようにしてもよい。

【0061】

図3に示した形式の研磨テーブル以外にも、図7及び図8に示すようなスクロール型研磨テーブルを研磨テーブル46, 47, 48, 49として用いることができる。以下、このスクロール型研磨テーブルについて説明する。図7はスクロール型の第2の研磨テーブルを示す縦断面図であり、図8(a)は、図7のP-P線断面図であり、図8(b)は、図8(a)のX-X線断面図である。

30

【0062】

スクロール型の研磨テーブルは、中空シャフトを有するモータ250の上部フランジ251、内部が中空になったシャフト252が順にボルトによって締結されている。シャフト252の上部には、ベアリング253によりセットリング254が支持されている。このセットリング254の上面にテーブル259が締結され、その上部に研磨テーブル255がボルト290により締結されている。研磨テーブル255は、全体を例えば固定砥粒で構成してもよいし、研磨テーブル255を例えばステンレス等の耐食性に優れた金属で構成し、その上面に研磨パッドを貼り付けて使用してもよい。また、固定砥粒や研磨パッドを利用する場合、研磨テーブル255の上面は、平坦でもよいし、凹凸をつけてもよい。テーブル255の外形は、基板の直径+2“e”以上に設定されていて、研磨テーブル255が並進運動をしても基板が研磨テーブル255からはみ出さない大きさになっている。

40

【0063】

セットリング254には、周方向に3つ以上の支持部258が形成され、テーブル259が支持されている。つまり、この支持部258の上面とセットリング254の下面の対応

50

する位置には、周方向に等間隔に複数の凹所 260, 261 が形成され、これらの凹所 260, 261 にはベアリング 262, 263 がそれぞれ装着されている。ベアリング 262, 263 には、図 7 及び図 8 に示すように、“e” だけずれた 2 つの軸体 264, 265 を持つ支持部材 266 が各軸体の端部を挿入して支持され、モータ 250 を回転することにより研磨テーブル 255 が半径 “e” の円に沿って並進運動可能となっている。

【0064】

また、フランジ 251 がモータ 250 とシャフト 252 との間で同様に “e” だけ偏心している。偏心による負荷のバランスを取るためバランサ 267 がシャフト 252 に取付けられている。

【0065】

研磨テーブル 255 上への電解液や研磨液の供給は、モータ 250 とシャフト 252 の内部を通り、テーブル 259 の中央に設けられた貫通孔 257 に継ぎ手 291 を介して供給される。供給された電解液や研磨液は、一旦研磨テーブル 255 とテーブル 259 の間で形成される空間 256 に溜められ、研磨テーブル 255 に設けられた複数の貫通孔 268 を経由して、直接基板に接触するように供給される。貫通孔 268 は、プロセスの種類により数や位置が適宜選択される。研磨パッドを研磨テーブル 255 に貼り付けて使用する場合は、研磨パッドにも貫通孔 268 の位置に対応した位置に貫通孔が設けられる。研磨テーブル 255 の全体を固定砥粒で製作する場合は、研磨テーブルの上面に、格子状、スパイラル状、あるいは放射状等の溝を設け、この溝に貫通孔 268 を連通させるようにしてもよい。

10

20

【0066】

研磨中の電解液や研磨液から並進運動を行う機構を保護するために、テーブル 255 にプリンガー 269 が取付けられていて、樋 270 とラビリンス機構を形成している。

【0067】

上述の構成において、モータ 250 の作動によって研磨テーブル 255 が並進円運動（スクロール運動）し、研磨ヘッド 44 に取付けられた基板は、研磨テーブル 255 の研磨面上に押し付けられる。貫通孔 257、空間 256、貫通孔 268 を介して研磨面に供給された電解液や研磨液により研磨が行われる。研磨テーブル 255 上の研磨面と基板の間には、半径 “e” の微小な相対並進円運動が生じて、基板の被研磨面はその全面において均一な研磨がなされる。なお、被研磨面と研磨面の位置関係が同じであると、研磨面の局所的な差異による影響を受けるので、これを避けるために研磨ヘッド 44 を徐々に自転させて、研磨面の同じ場所のみで研磨されるのを防止している。

30

なお、研磨テーブルは、前述の例に限定されず、例えば往復直線運動を行うリニアテーブルなど、各種の適用が可能であることは勿論である。

【0068】

図 9 (a) 及び図 9 (b) は、アノード電極 114 の他の取付け例を示すもので、図 9 (a) は、リテーナリング 108 に設けた凹部 108a の開口端部に、導電性材料または多孔質材料からなる蓋体 130 を、アノード電極 114 と接触させて取付け、この蓋体 130 で、研磨ヘッド 44 で吸着保持した基板 W の外周面とアノード電極 114 との間のギャップ G を埋めるようにした例を示す。この例によれば、リテーナリング 108 の内周面を凹凸のない平坦面となすことができる。この場合、導電性材料または多孔質材料の内部に入り込んだ電解液を介して、基板の表面に設けた金属膜へのアノード電極（給電電極） 114 からの給電が行われる。

40

【0069】

図 9 (b) は、リテーナリング 108 に設けた凹部 108a の内部に、リテーナリング 108 の下面とアノード電極 114 との下面との間に、隙間 S が生じるようにして、アノード電極 114 を取付けた例を示す。この隙間 S の大きさは、1 mm 以下であることが好ましい。このように、リテーナリング 108 の下面とアノード電極 114 との下面、ひいては研磨ヘッド 44 で吸着保持した基板 W の下面（表面）とアノード電極 114 との下面との間に隙間 S を設けることで、研磨の際にアノード電極 114 の下面が研磨パッド 116

50

の研磨面 1 1 6 a に接触することを防止することができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 (a) 乃至図 1 0 (c) は、アノード電極 1 1 4 の他の取付け例を示すもので、図 1 0 (a) は、リテーナリング 1 0 8 の内周面側に、上下に連通し、途中に段差を有する凹部 1 0 8 b を設けるとともに、この凹部 1 0 8 b の内部に、段差に係合するフランジ部 1 3 2 a を有するピース 1 3 2 を該ピース 1 3 2 の自重により上下動自在かつ脱出不能に配置し、ピース 1 3 2 の下部にアノード電極 1 1 4 を保持した例を示す。図 1 0 (b) は、図 1 0 (a) とは異なり、凹部 1 0 8 b 内のピース 1 3 2 のフランジ部 1 3 2 a で区画された上方空間を加圧空間 1 3 4 となし、この加圧空間 1 3 4 内に加圧流体を導入して、ピース 1 3 2 を上下動させるようにした例を示す。また、図 1 0 (c) は、ピース 1 3 2 の下面とアノード電極 1 1 4 の下面との間に隙間 S が生じて、ピース 1 3 2 の下面が研磨パッド 1 1 6 の研磨面 1 1 6 a に接触しても、アノード電極 1 1 4 の下面が研磨パッド 1 1 6 の研磨面 1 1 6 a に接触しないように、アノード電極 1 1 4 をピース 1 3 2 内に保持した例を示す。

10

【 0 0 7 1 】

これにより、アノード電極 1 1 4 の研磨パッド 1 1 6 への押圧を極低面圧に設定して、リテーナリング 1 0 8 が少しずつ摩耗しても、ピース 1 3 2 を介してアノード電極 1 1 4 をリテーナリング 1 0 8 が摩耗した分、上昇させることで、アノード電極 1 1 4 が摩耗したり研磨パッド 1 1 6 の研磨面 1 1 6 a に接触したりしないようにすることができる。しかも、特に、アノード電極 1 1 4 を、下記のように、リテーナリング 1 0 8 の下面に設けた場合に、電極間距離（アノード電極、銅膜の表面及びカソード電極の位置関係）が常に一定となるようにすることができる。

20

【 0 0 7 2 】

図 1 1 は、本発明の他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図を示す。この例は、リテーナリング 1 0 8 の下面に、研磨パッド 1 1 6 に向けて開口する複数の凹部 1 0 8 c をリテーナリング 1 0 8 の円周方向に沿った所定の位置に所定間隔離間して設け、この各凹部 1 0 8 c 内にアノード電極 1 1 4 を配置した例を示す。この例にあつては、アノード電極 1 1 4 と研磨ヘッド 4 4 で保持した基板 W との間に、研磨ヘッド 4 4 の壁部 4 4 a が存在することになるが、基板 W の該基板 W の表面に設けた金属膜（銅膜 2 0 6）へのアノード電極 1 1 4 からの給電は、研磨ヘッド 4 4 と研磨パッド 1 1 6 との間に存在する電解液 1 2 0 を介して行われる。

30

【 0 0 7 3 】

このように、リテーナリング 1 0 8 の下面側にアノード電極 1 1 4 を設けることによって、アノード電極 1 1 4 と基板 W に設けた金属膜との接触を防止することができる。しかも、前述のように、このアノード電極 1 1 4 を上下動自在とすることで、リテーナリング 1 0 8 が摩耗しても、電極間距離（アノード電極 1 1 4、基板の金属膜（銅膜 2 0 6）の表面及びカソード電極 1 1 8 の位置関係）が常に一定となるようにすることができる。

【 0 0 7 4 】

図 1 2 は、本発明の更に他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図を示す。この例は、リテーナリング 1 0 8 として、その下面が研磨ヘッド 4 4 で吸着保持した基板 W の下面より上方に位置して、研磨作業の際に、このリテーナリング 1 0 8 の下面が研磨パッド 1 1 6 の研磨面 1 1 6 a に接触して摩耗することがないようにしたものを使用した例に適用したものである。この例の場合、アノード電極 1 1 4 の摩耗を考慮することなく、アノード電極 1 1 4 をその下面がリテーナリング 1 0 8 の下面と同一面となるようにリテーナリング 1 0 8 に取付けることができる。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 3 は、本発明の更に他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図を示す。この例は、電解複合研磨用の研磨テーブル 4 8 として、その直径が研磨ヘッド 4 4 の直径の 2 倍以上にもものを使用し、更に、この研磨テーブル 4 8 の内部に、電源 1 1 2 の陰極に接続される電圧コントローラ 1 4 0 を埋設し、この電圧コントローラ 1 4 0 に、同心状に複数に分割

50

して配置したカソード電極（加工電極）118a, 118b……をそれぞれ接続して、これらのカソード電極（加工電極）118a, 118b……の抵抗を個別に制御できるようにしたものである。

【0076】

これにより、複數に分割した各加工電極118a, 118b……の抵抗値をコントロールして、各領域毎に電流値を制御することで、金属膜の酸化速度を調整し、基板面内における金属膜の除去速度を制御することができる。

【0077】

これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。 10

【0078】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、基板表面に形成した金属膜を、電解作用を利用した電解複合研磨により高い研磨レートで均一に研磨してCMP処理の負荷を極力低減でき、しかも電極間距離（アノード電極、基板表面の金属膜及びカソード電極の位置関係）を一定に保って、この間の抵抗値を安定させ、これにより、電界の分布をより均一にして金属膜の酸化速度も安定させて、より均一に金属膜を研磨除去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電解複合研磨の原理の説明に付する図である。 20

【図2】本発明の実施の形態の研磨装置を備えた基板処理装置の平面配置図である。

【図3】図2に示す基板処理装置に備えられている研磨装置の正面図である。

【図4】図3に示す研磨装置の要部拡大断面図である。

【図5】同じく、リテーナリングとアノード電極との関係を示す図である。

【図6】（a）は、異なる材料を形成した基板の表面を電解複合研磨した時に流れる電流と時間の関係を、（b）は、同じく印加される電圧と時間の関係をそれぞれ示すグラフである。

【図7】研磨テーブルの他の例を示す縦断面図である。

【図8】（a）は、図7のP-P線断面図であり、（b）は、（a）のX-X線断面図である。 30

【図9】それぞれ異なるアノード電極の他の装着例を示す図である。

【図10】それぞれ異なるアノード電極の更に他の装着例を示す図である。

【図11】本発明の他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図である。

【図12】本発明の更に他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図である。

【図13】本発明の更に他の実施の形態の研磨装置の要部拡大断面図である。

【図14】銅めっき処理によって銅配線を形成する例を工程順に示す断面図である。

【図15】従来の基板に銅めっき処理を施した時の問題点の説明に付する断面図である。

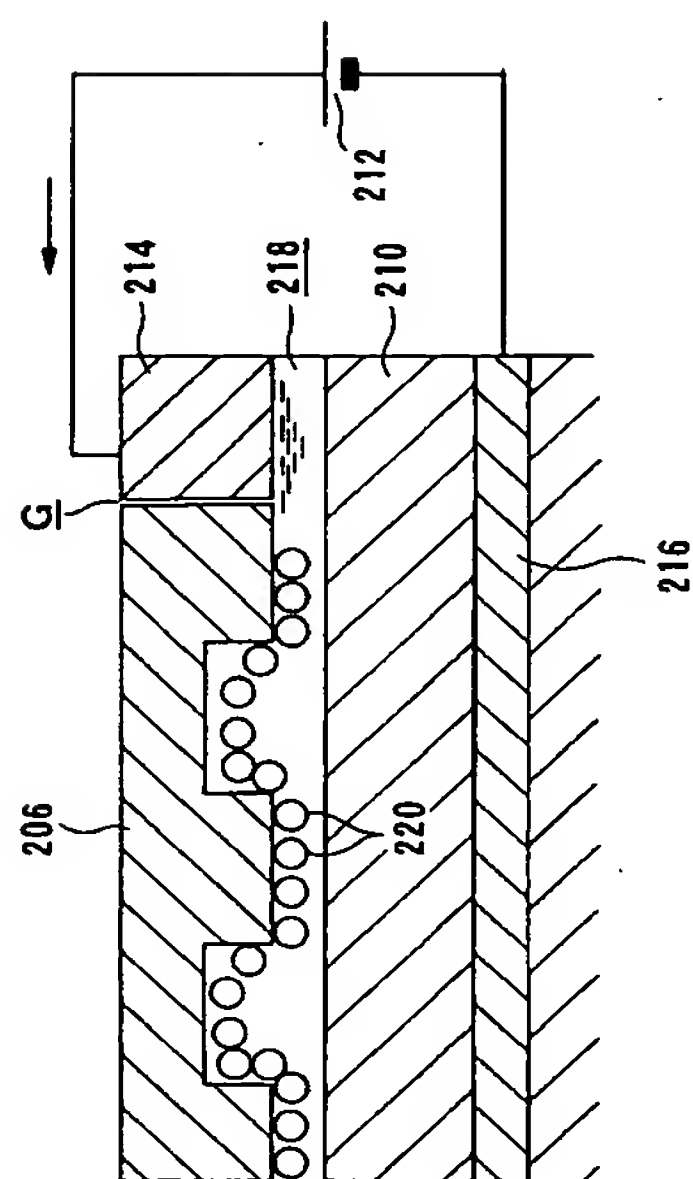
【図16】従来の電解複合研磨の原理の説明に付する図である。

【符号の説明】

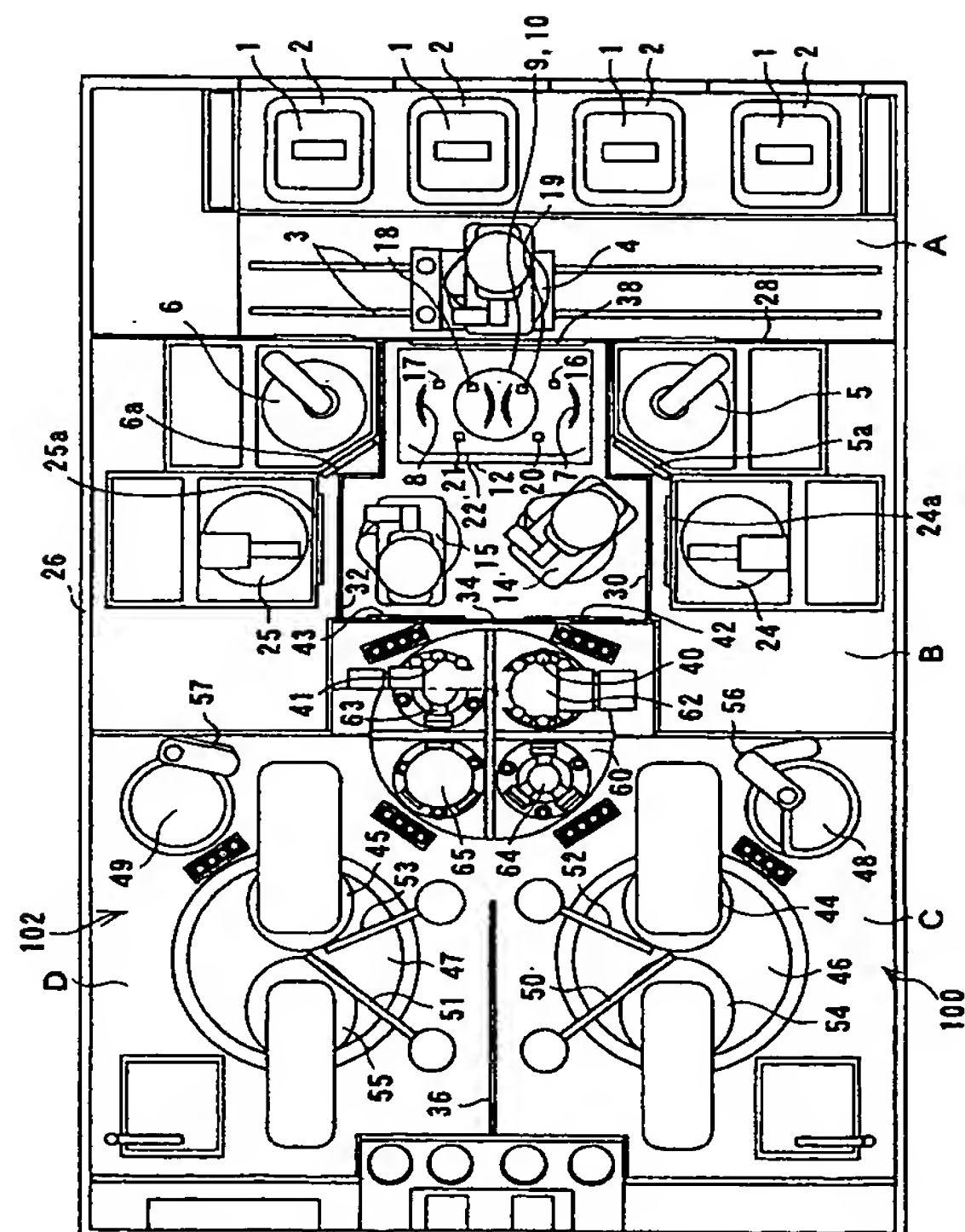
44, 45 研磨ヘッド 40
46, 47, 48, 49 研磨テーブル
50, 51 研磨液供給ノズル
100, 102 研磨装置
106 チャッキングプレート
108 リテーナリング
108a, 108b, 108c 凹部
110 圧力室
112, 212 電源
114, 214 アノード電極（給電電極）
116, 210 研磨パッド 50

- 1 1 6 a 研磨面
- 1 1 8, 2 1 6 カソード電極 (加工電極)
- 1 2 0, 2 1 8 電解液 (加工液)
- 1 2 2 電解液供給部 (電解液供給ノズル)
- 1 2 4 モニタ部
- 1 3 0 蓋体
- 1 3 2 ピース
- 1 3 4 加圧空間
- 1 4 0 電圧コントローラ
- 2 0 2 絶縁膜
- 2 0 5 バリア膜
- 2 0 6 銅膜 (金属膜)
- 2 0 7 シード層
- 2 2 0 銅錯体

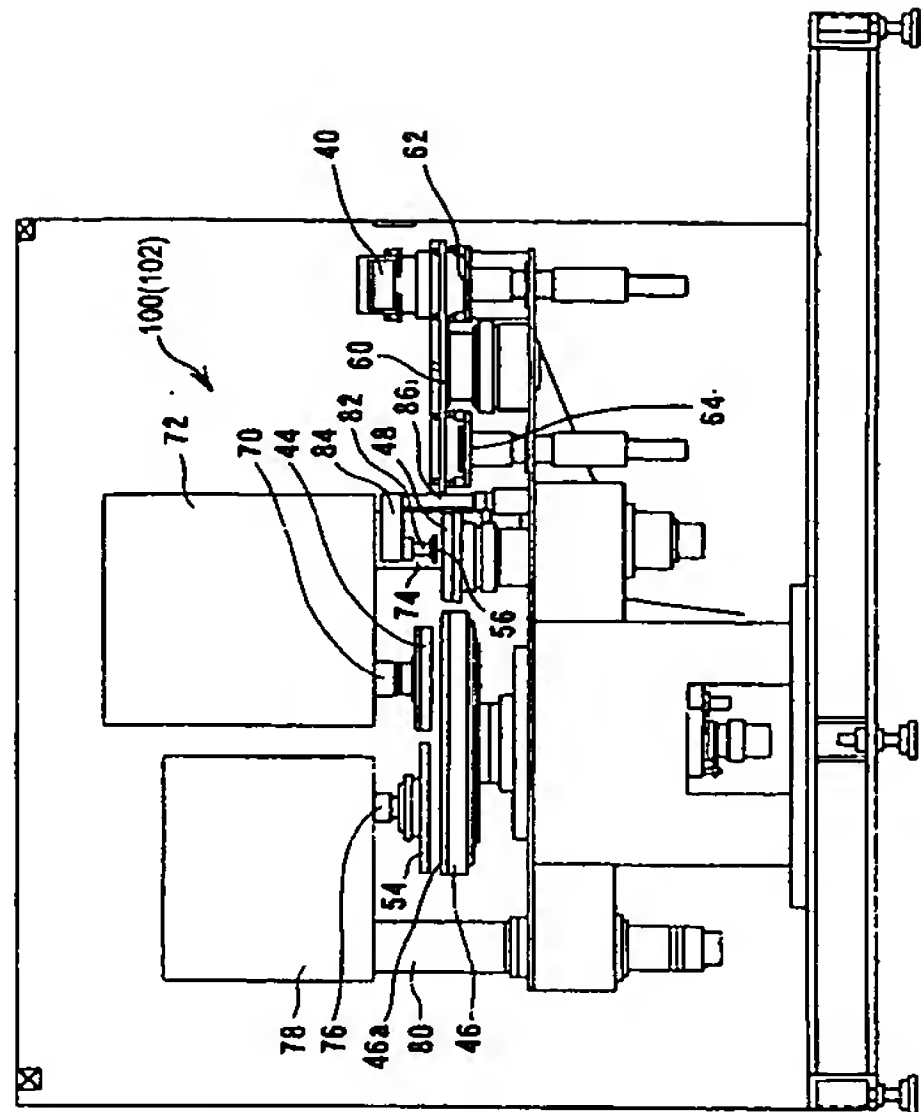
【図 1】



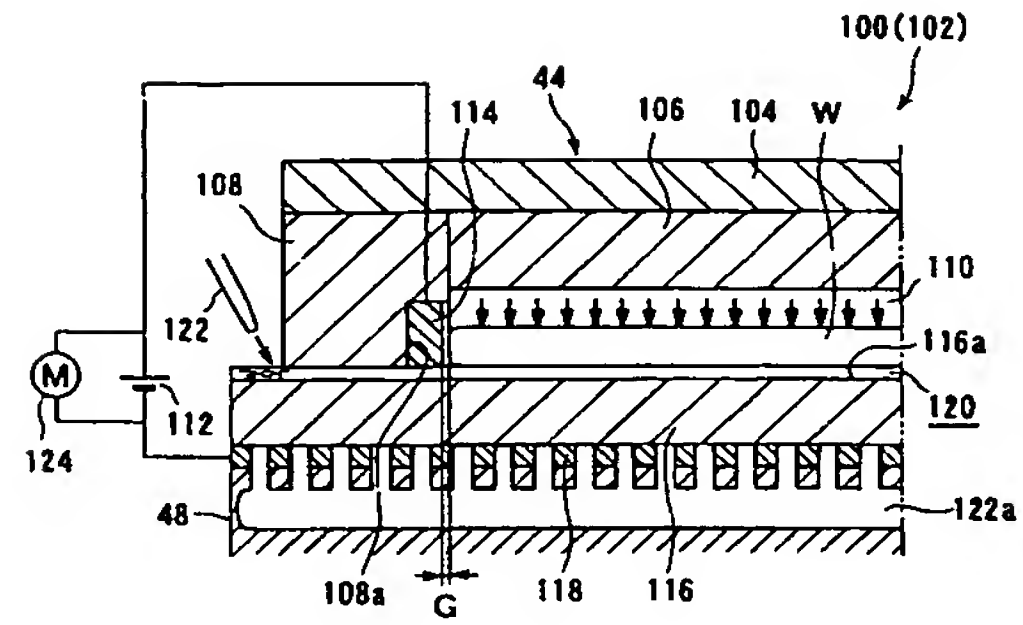
【図 2】



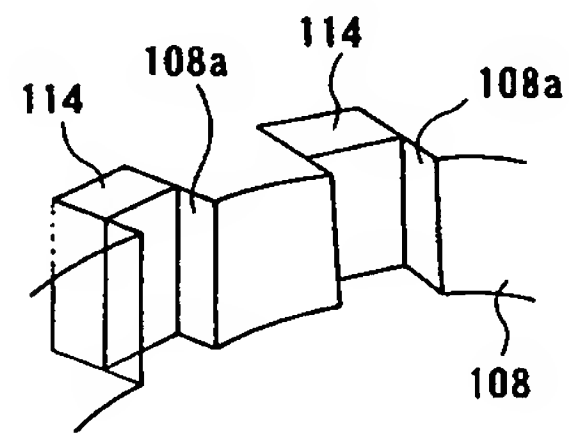
【図 3】



【図 4】

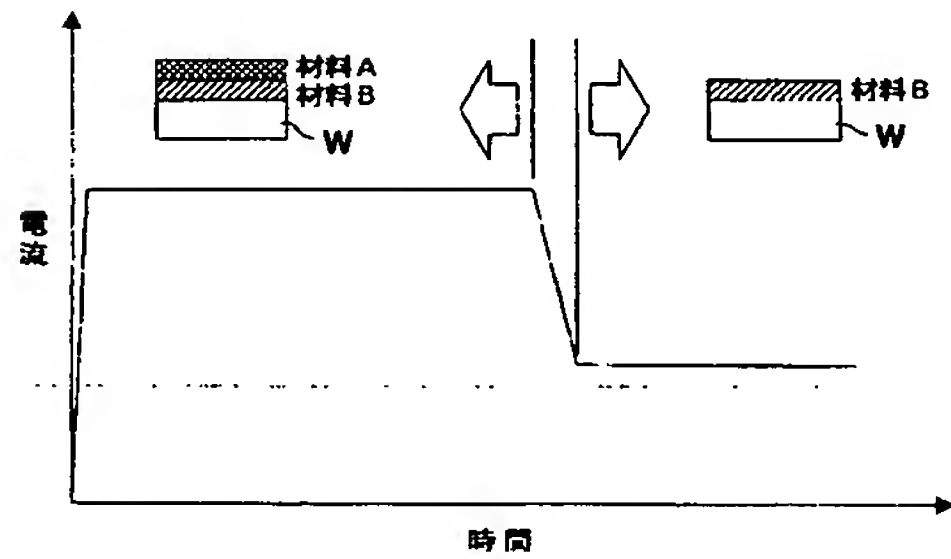


【図 5】

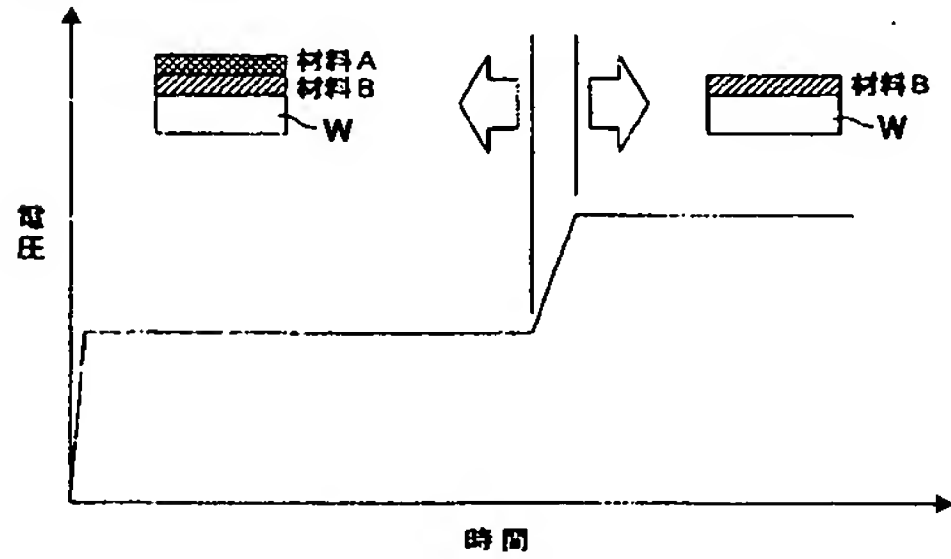


【図 6】

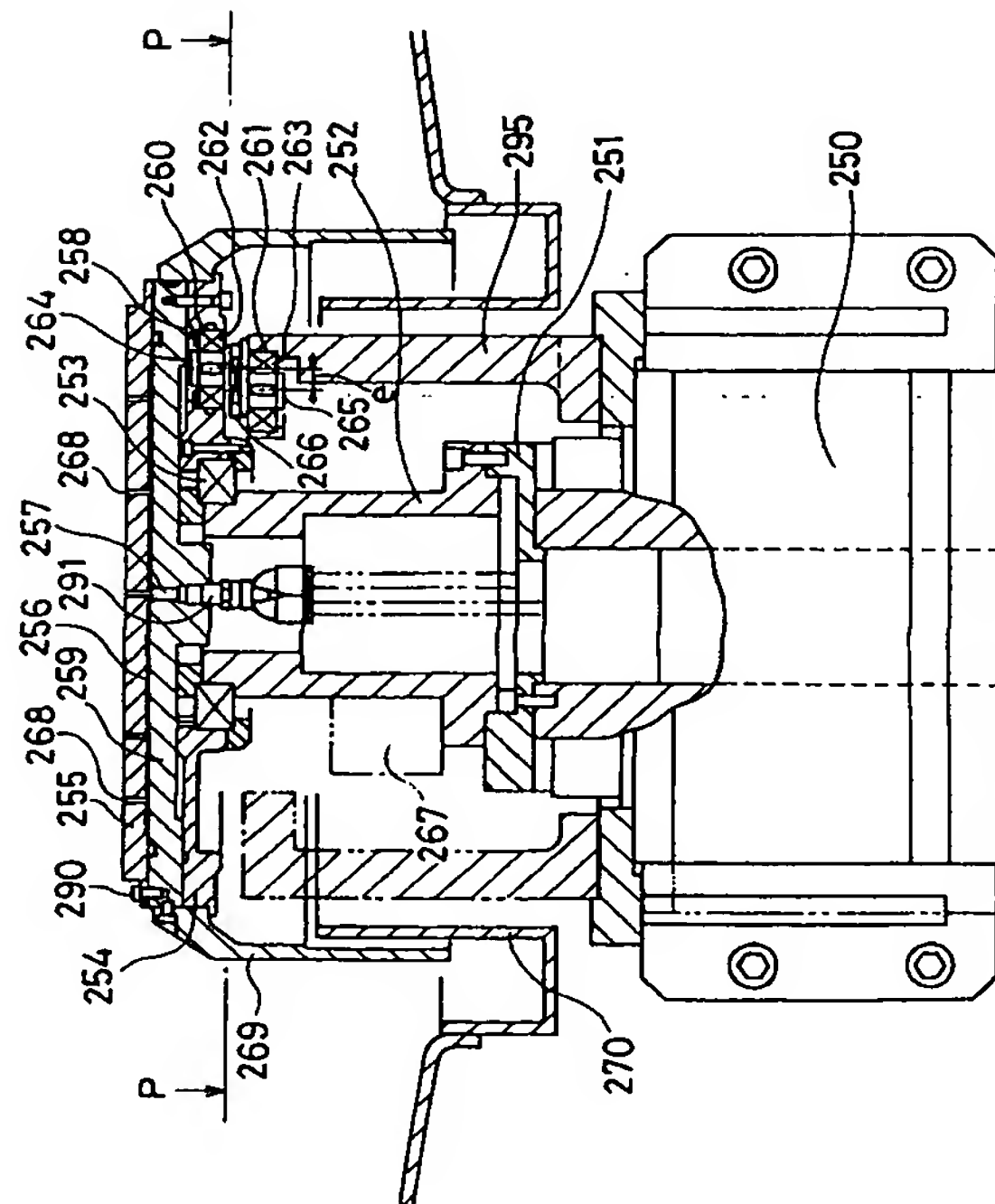
(a)



(b)

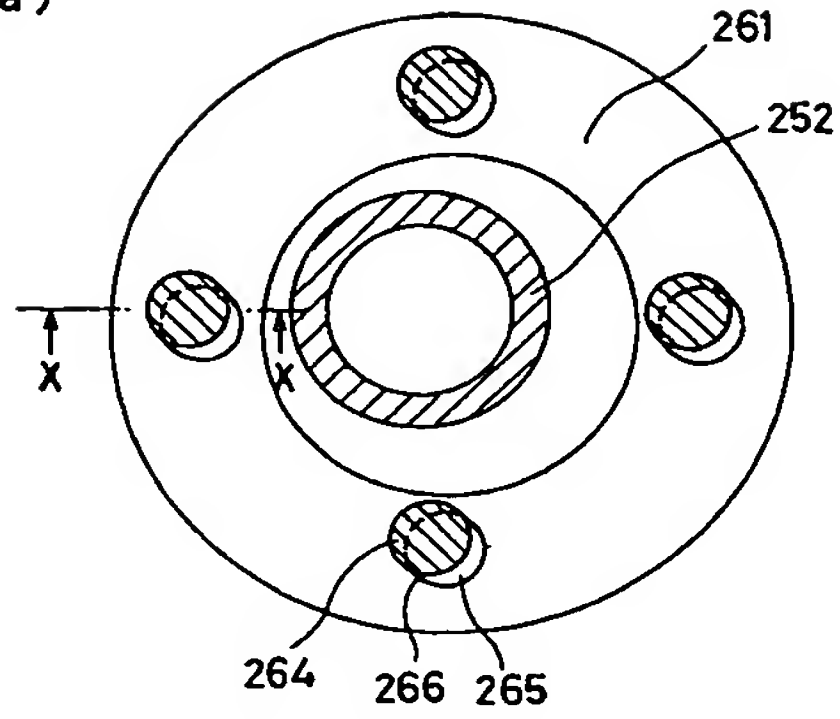


【図 7】

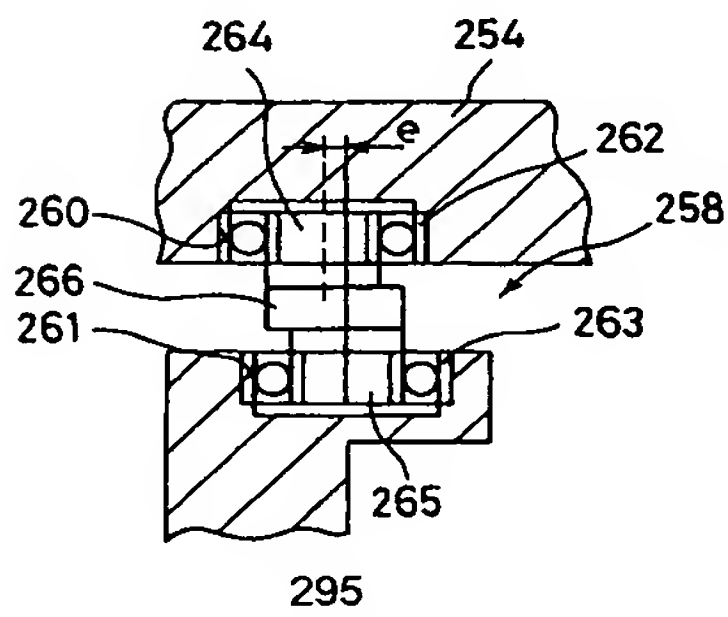


【図 8】

(a)

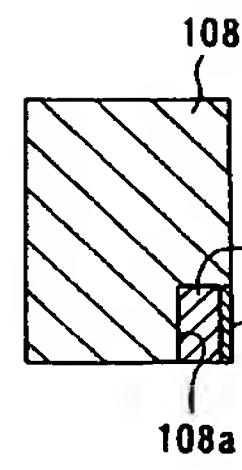


(b)

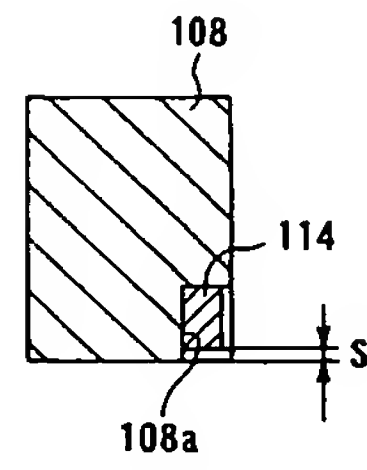


【図 9】

(a)

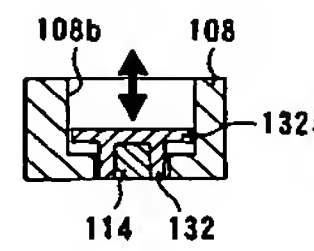


(b)

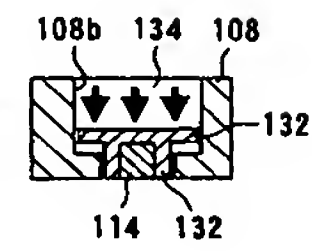


【図 10】

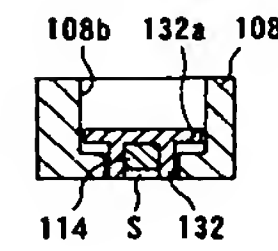
(a)



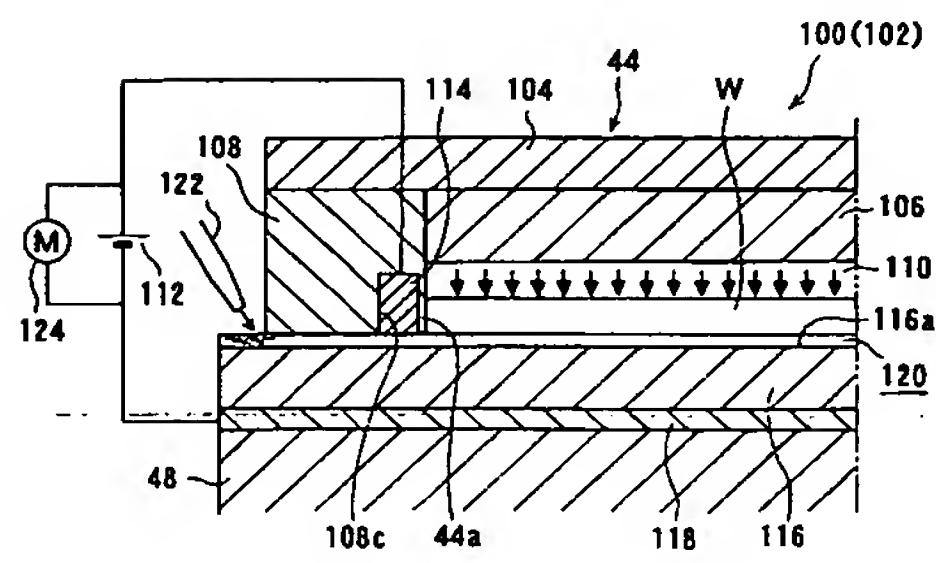
(b)



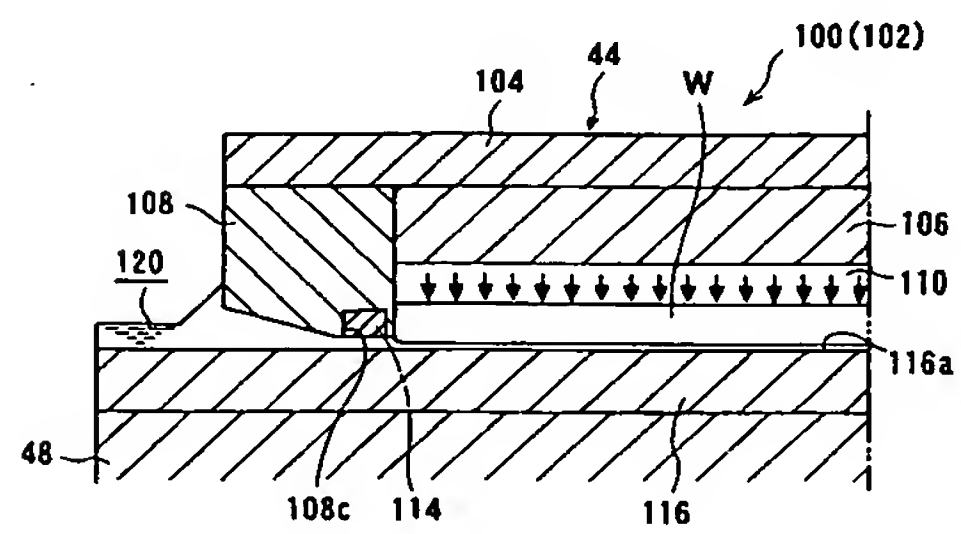
(c)



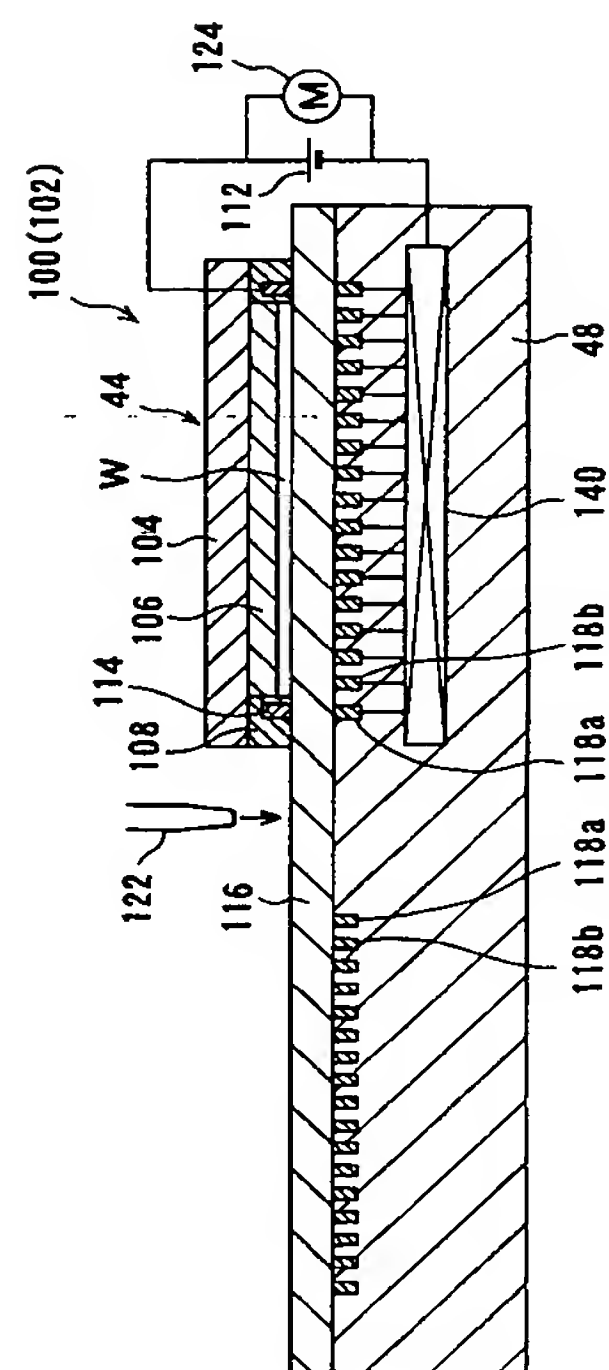
【図 11】



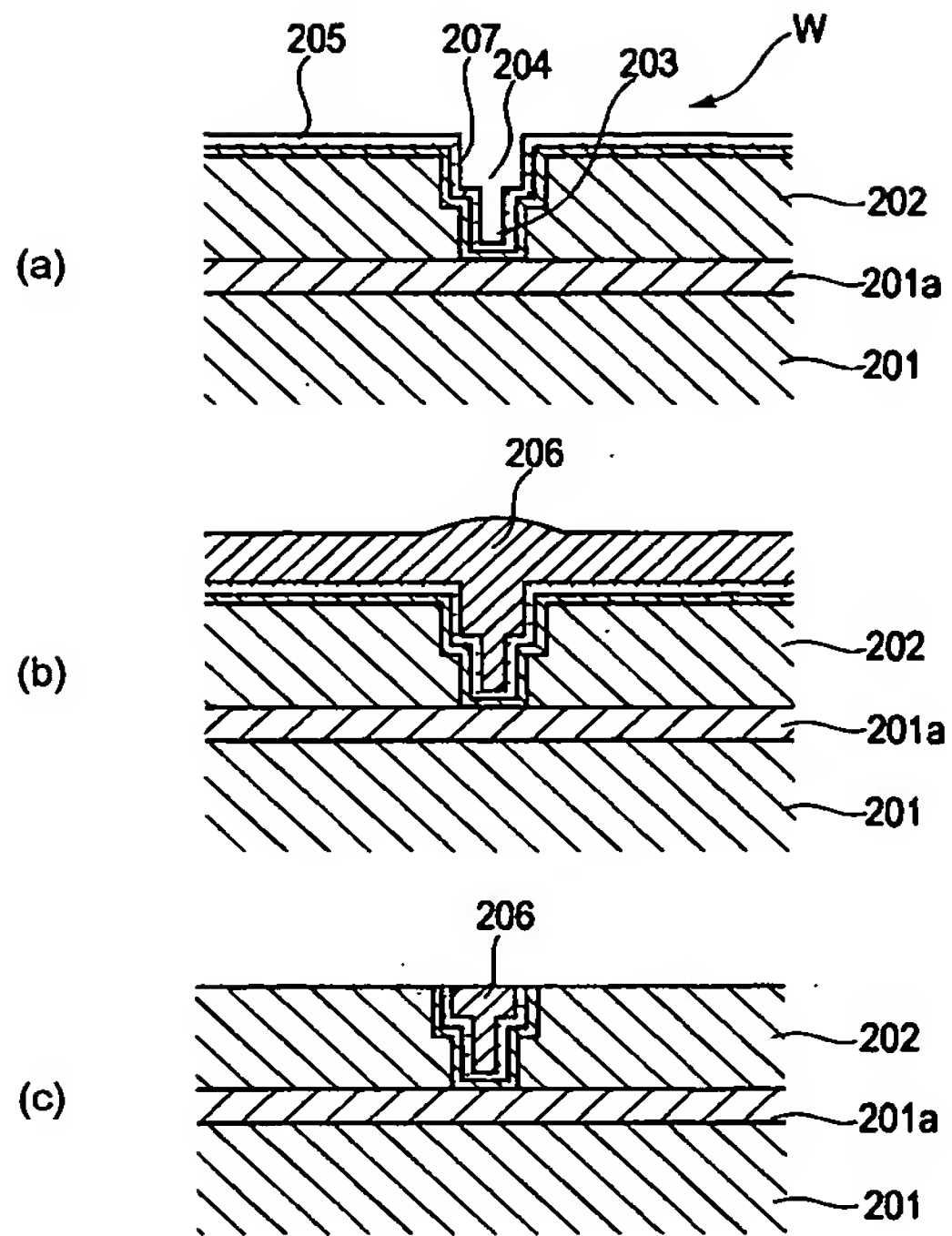
【図 12】



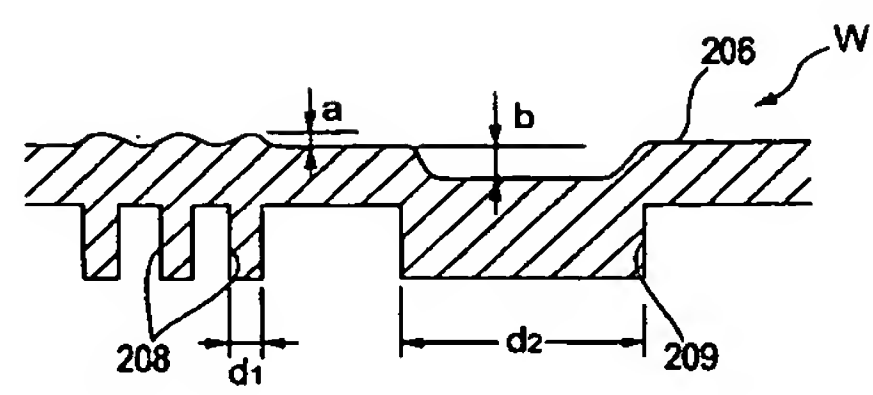
【図 13】



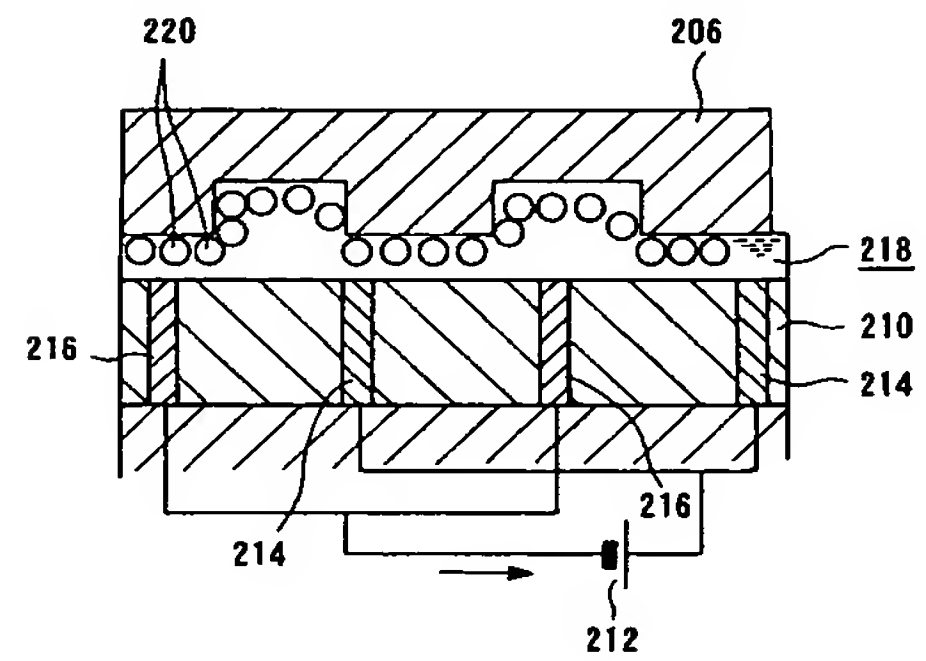
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 徳重 克彦

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

(72)発明者 辻村 学

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内

Fターム(参考) 3C059 AA02 AB01 GC01